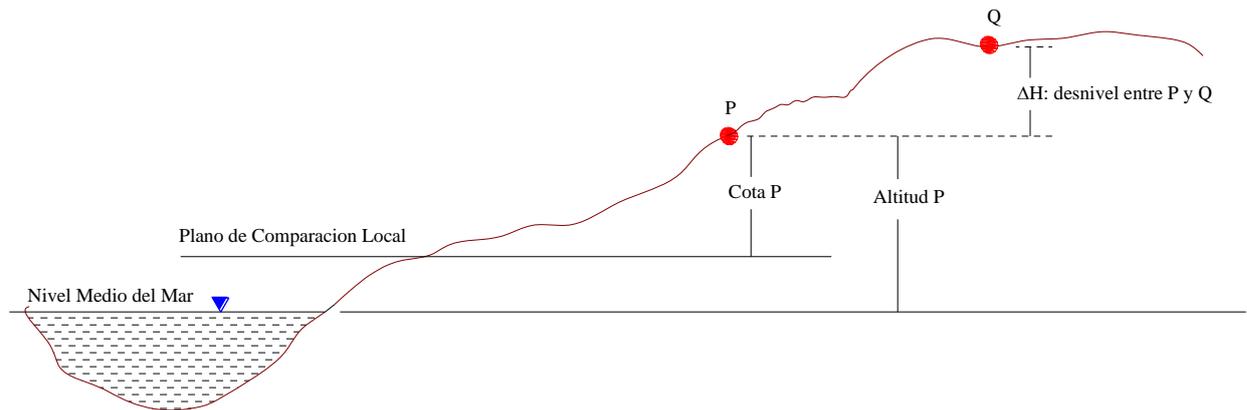


NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA

DEFINICIÓN: Se llama nivelación a toda operación que conduce a la determinación de la diferencia de altura entre dos puntos.

La altura de cada punto se mide sobre la vertical que pasa por dicho punto, desde una cierta superficie de comparación hasta el punto.



Si se trata de una superficie paralela al geode ó también llamado “Plano de Comparación” local, dicha altura se llama “Cota”.

Si en cambio la superficie de comparación es el propio geode, o sea el nivel medio del mar, la altura se llama “Altitud”.

Teniendo en cuenta los efectos de curvatura y refracción; la distancia máxima hasta la cual se puede nivelar considerando la tierra como un plano, y dentro de un error relativo de 1/10.000, es de 121m.

Según el procedimiento utilizado la nivelación puede clasificarse en:

- 1.- Nivelación Geométrica.
- 2.- Nivelación Trigonométrica.
- 3.- Nivelación Barométrica.

La Nivelación Geométrica: Es una operación que conduce a la determinación de la diferencia de nivel entre dos puntos próximos mediante visuales horizontales dirigidas hacia escalas verticales llamadas miras, colocadas sobre dichos puntos en posición vertical.

Para la determinación de los datos se utiliza un instrumento de medición llamado nivel, convencional (óptico-mecánico) ó electrónico.

La Nivelación Trigonométrica: Es una operación que conduce a la determinación de la diferencia de nivel entre dos puntos próximos mediante visuales inclinadas dirigidas hacia escalas verticales llamadas miras, colocadas sobre dichos puntos en posición vertical.

Para la determinación de los datos se utiliza un instrumento de medición llamado taquímetro, convencional (óptico-mecánico) ó electrónico.

La Nivelación Barométrica: Es una operación que conduce a la determinación de la diferencia de nivel entre dos puntos próximos, mediante la medición de la diferencia de presión entre dos puntos, la que varía con la diferencia de altura.

Para la determinación de los datos se utiliza un instrumento de medición de la presión atmosférica llamado Barómetro.

Es una determinación de un valor aproximado, de precisión menor a los citados anteriormente.

Clasificación de la Nivelación Geométrica

Es la más precisa y utilizada de todos, se lleva a cabo mediante la utilización de un nivel óptico o electrónico.

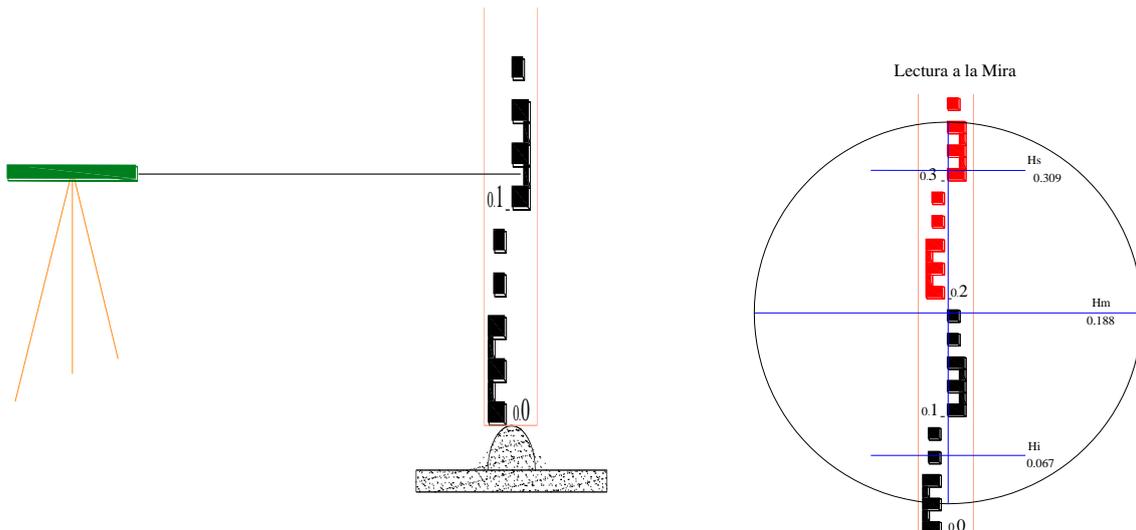
Existen cuatro tipos de nivelación geométrica definidos según su precisión:

El procedimiento es igual en todos ellos, solo cambian los elementos utilizados para medir.

Clasificación de la Nivelación Geométrica según Precisión	
Geodésicas	
Nivelación de 1° Orden	Alta Precisión
Nivelación de 2° Orden	Precisión
Topográficas	
Nivelación de 3° Orden	Para Canales ó Caminos
Nivelación de 4° Orden	Cálculo de Desmonte, Movimientos de Suelos, etc

La Nivelación Geométrica: Es una operación que conduce a la determinación de la diferencia de nivel entre dos puntos próximos mediante visuales horizontales dirigidas hacia escalas verticales llamadas miras, colocadas sobre dichos puntos en posición vertical.

Para la determinación de los datos se utiliza un instrumento de medición llamado nivel, convencional (óptico-mecánico) ó electrónico.





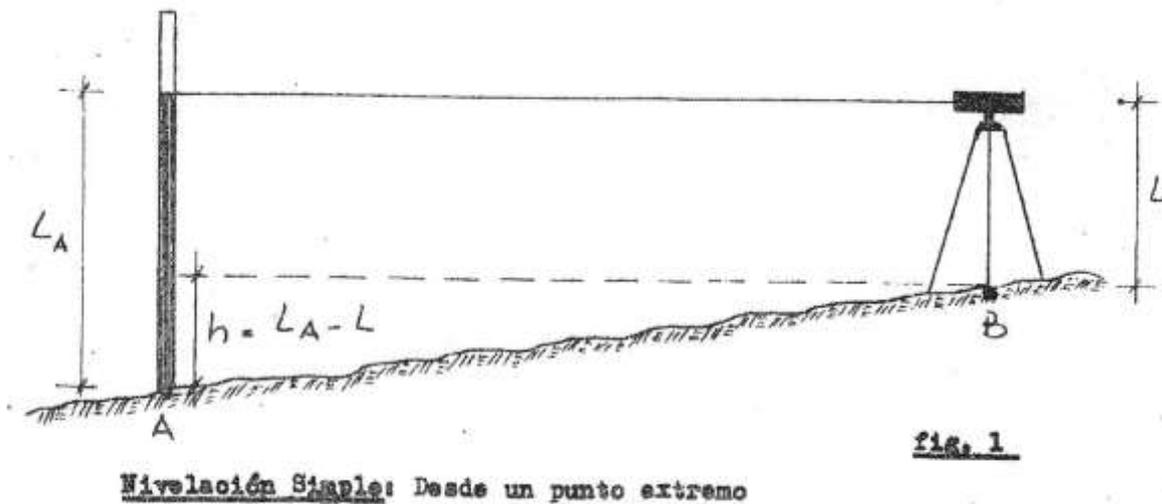
Existen varios métodos para realizar esta operación.

Nivelación Simple

La nivelación es simple cuando el desnivel a medir se determina con una única observación

Procedemos a estacionar el nivel y realizar las lecturas sobre la mira y por diferencia de lecturas obtenemos el desnivel.

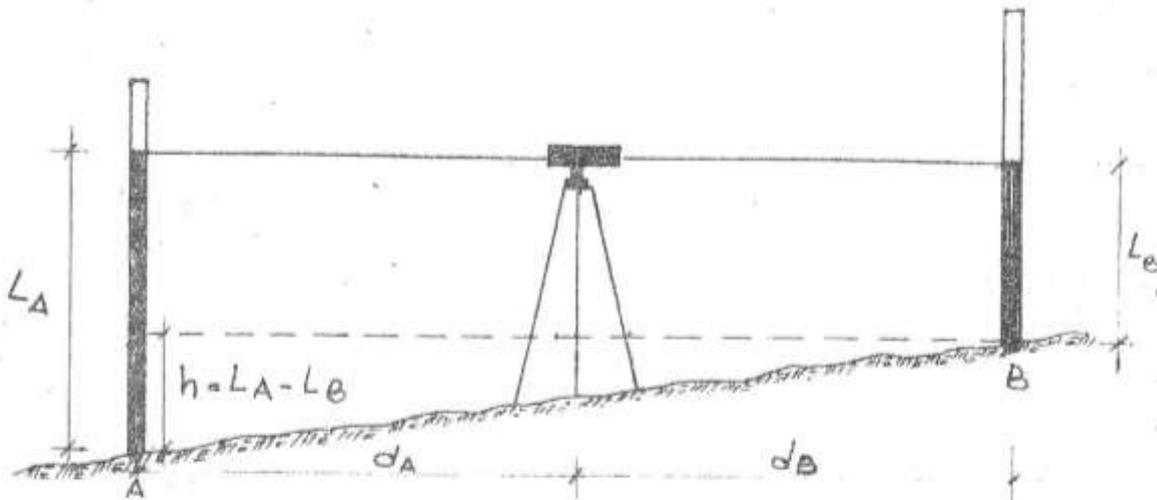
a1) Desde un Punto Extremo.



$$\Delta H_{AB} = L_A - L$$

L: Altura del Nivel

a₂) Desde el Punto Medio.

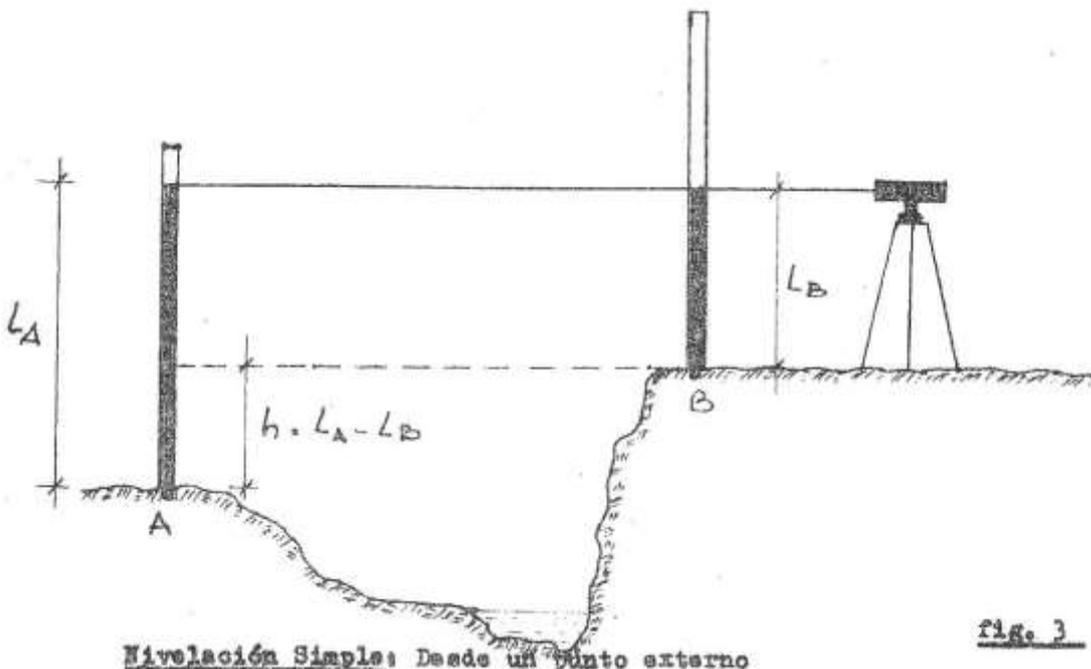


Nivelación Simple: Desde el punto medio

fig. 2

$$\Delta H_{AB} = L_A - L_B$$

a₃) Desde un Punto Externo.



Nivelación Simple: Desde un punto externo

fig. 3

$$\Delta H_{AB} = L_A - L_B$$



Punto Altimétrico Nodal **191 I.G.M.** – **Plaza Cabral Ciudad de Corrientes**
Plano de comparación: Nivel Medio del Mar – **Cota : 58,904m.**



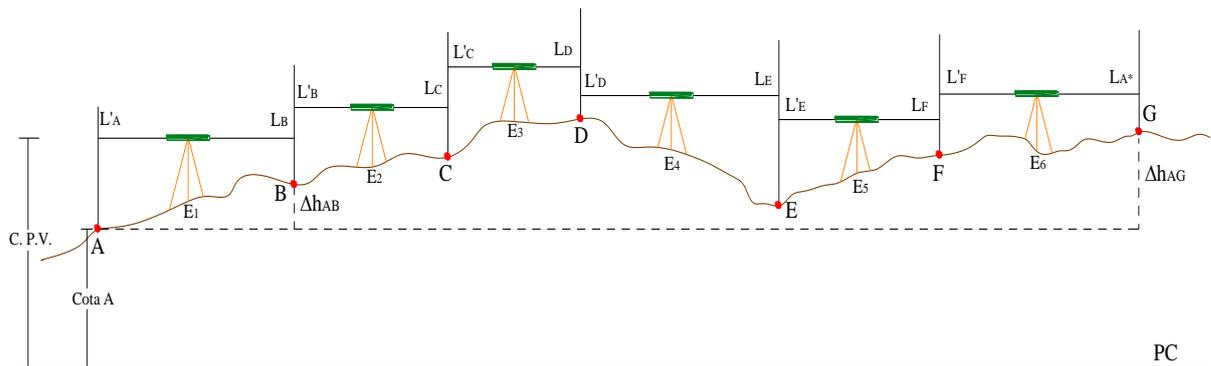
Ménsula - Municipio De la Ciudad **B 14**



Nivelación Compuesta

La nivelación compuesta se utiliza cuando la distancia de dos puntos a nivelar es grande, cuando los puntos extremos no son visibles entre sí, o la diferencia de nivel es superior a la que se puede leer de una sola estación.

La nivelación compuesta consiste en una serie de nivelaciones simples enlazadas entre sí a través de un punto común entre ambas, llamadas “puntos de paso” ó puntos de cambio entre una y otra nivelación simple.



De este modo el desnivel entre los puntos extremos de la nivelación será la suma algebraica de los desniveles parciales.

Adoptado un sentido de avance en la medición, se llama “lectura atrás” a la efectuada en sentido contrario al avance de la nivelación; y “lectura adelante” a la efectuada en el mismo sentido de avance.

El cálculo del desnivel se efectúa siempre, conviniendo hacer “lectura atrás” ($L'A$) menos “lectura adelante” ($L'B$).

$$\Delta H_{AB} = L'A - L'B$$

Cabe destacar que según se cambie el orden en que se haga la diferencia de lecturas, cambiará el signo del desnivel, razón por la cual el orden debe mantenerse a lo largo del trayecto.

La altura desde el eje de colimación al plano de comparación, para una estación determinada, se llama COTA PLANO VISUAL CPV.

$$\Delta h_{AB} = L'A - LB$$

$$\Delta h_{BC} = L'B - LC$$

$$\Delta h_{CD} = L'C - LD$$

$$\Delta h_{DE} = L'D - LE$$

$$\Delta h_{EF} = L'E - LF$$

$$\Delta h_{FG} = L'F - LG$$

$$\Sigma \Delta h = (L'A + L'B + L'C + L'D + L'E + L'F) - (LB + LC + LD + LE + LF + LG)$$

$$\Delta H_{AG} = \Sigma L' - \Sigma L$$

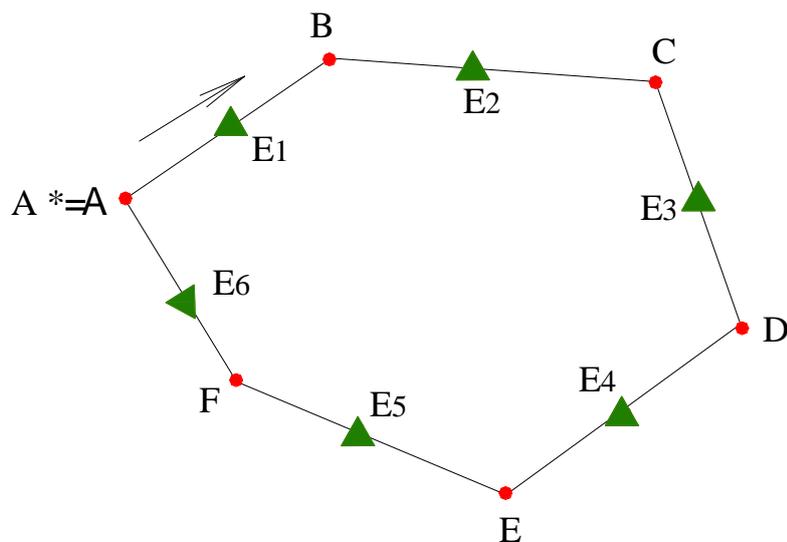
L' : lectura atrás

L : lectura adelante

El **Desnivel Total** ΔH_{AG} es igual a la diferencia de las suma de “lecturas atrás” menos la suma de las “lecturas adelante”.

Nivelación por Rodeo.

El método de nivelación geométrica por Rodeo consiste en partir de un punto de cota conocida, ó no, y regresar a dicho punto cerrando el circuito de nivelación.



De lo expuesto se deduce que esta operación no es otra cosa que realizar una nivelación de circuito; donde además de los puntos extremos citados; se nivelan puntos intermedios, formando éstos parte integrante del conjunto.

Completado el circuito de la nivelación el método presenta la posibilidad de efectuar un control sobre las mediciones efectuadas a través de un control de cierre; el cual debe dar, en condiciones ideales, que el desnivel total debe ser cero.

$$\Delta H = 0 \quad \Sigma L' - \Sigma L = 0$$

$$\Delta h_{AB} = L'_A - L_B$$

$$\Delta h_{BC} = L'_B - L_C$$

$$\Delta h_{CD} = L'_C - L_D$$

$$\Delta h_{DE} = L'_D - L_E$$

$$\Delta h_{EF} = L'_E - L_F$$

$$\Delta h_{FG} = L'_F - L_{A^*}$$

$$\Sigma \Delta h = (L'_A + L'_B + L'_C + L'_D + L'_E + L'_F) - (L_B + L_C + L_D + L_E + L_F + L_{A^*})$$

$$\Delta H_{AA^*} = \Sigma \Delta h = \Sigma L' - \Sigma L$$

$$0 = \Sigma \Delta h = \Sigma L' - \Sigma L$$

También puede calcularse el control de cierre a través del cálculo de las cotas.

$$C_B = C_A + L'_A - L_B$$

$$C_C = C_B + L'_B - L_C$$

$$C_D = C_C + L'_C - L_D$$

$$C_E = C_D + L'_D - L_E$$

$$C_F = C_E + L'_E - L_F$$

$$C_B + C_C + C_D + C_E + C_F + C_{A^*} = C_A + C_B + C_C + C_D + C_E + C_F + \Sigma L' - \Sigma L$$

$$C_{A^*} = C_A + \Sigma L' - \Sigma L \quad \Rightarrow \quad C_{A^*} - C_A = \Sigma L' - \Sigma L$$

$$\varepsilon = 0 - V = C_{A^*} - C_A = \Sigma L' - \Sigma L = \varepsilon \quad \Rightarrow \quad \text{Error de cierre.}$$

Se ve así que la nivelación por rodeo posee un control de cierre que está dado por la diferencia de las sumas de lecturas atrás y lecturas adelante, tarea que se realiza al terminar de realizar la lectura adelante del último punto.

De producirse un desnivel distinto de cero, este representa el **error de cierre**, el que deberá ser menor ó igual que un valor establecido como tolerancia.

$$\Sigma L' - \Sigma L \neq 0 \Rightarrow \Sigma L' - \Sigma L = \epsilon$$

$$\epsilon < T \quad \text{ó} \quad \epsilon = T$$

Si el error de cierre fuera mayor que el valor establecido como tolerancia, las mediciones deben rehacerse.

Tolerancia $T = k \sqrt{L}$

k: valor constante que varía con la precisión de la nivelación.

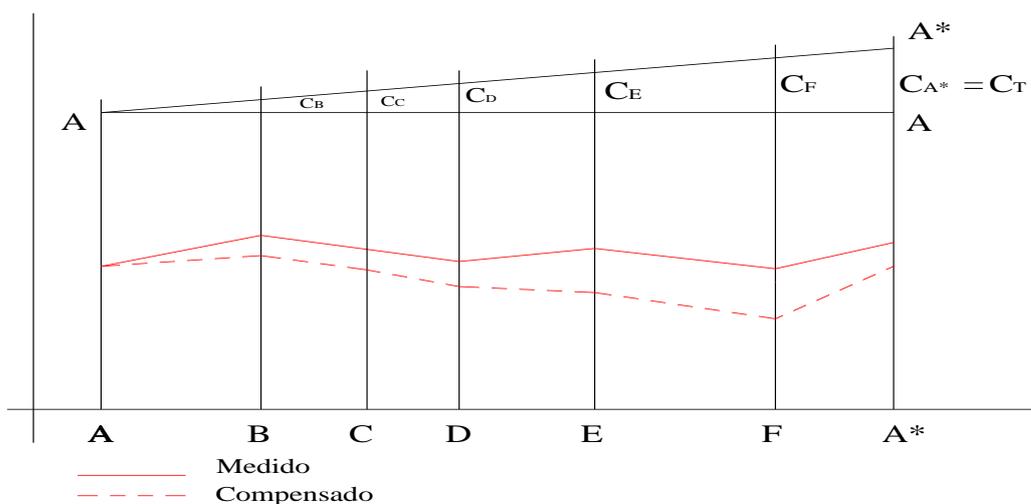
L: Distancia total nivelada expresada en Km.

Si el error de cierre fuera menor ó igual que la tolerancia el paso siguiente consiste en realizar la compensación de la nivelación de modo tal de corregir los valores observados y luego de ello lograr que el Desnivel Total sea igual a cero.

Puede hacerse de dos maneras:

Compensación Acumulada – Corrección por Progresivas

Para corregir una nivelación, el error total se repartirá entre los puntos intermedios en forma proporcional a la distancia; recorrida dentro del circuito, desde el punto de partida hasta dicho punto.



Error (E) = - Corrección (C)

Corrección para Pi:

$$C_{P_i} = \frac{\text{Error Total}}{\text{Distancia Total nivelada}} \cdot \text{progresiva } P_i$$

Compensación Por Distancias Parciales

En esta caso se calcula la corrección para cada uno de los desniveles.

Corrección para el desnivel:

$$C_{\Delta h_{P_i-P_{i+1}}} = \frac{\text{Error Total}}{\text{Distancia Total nivelada}} \cdot \text{Distancia Parcial } P_i-P_{(i+1)}$$

Planillas de Registro

Al registrar los valores se comprueban éstos teniendo en cuenta que debe cumplirse que:

$$\mathbf{H_m = (H_s + H_i)/2}$$

Pudiendo aceptarse que difirieran dentro de una tolerancia establecida.

La distancia del punto estación del nivel al punto de la mira se calcula como:

$$\mathbf{D = (H_s - H_i) \cdot 100}$$

A partir de los registros tomados en la tarea de campo se calculan los desniveles, luego se compensan los desniveles y con estos se calculan las cotas.

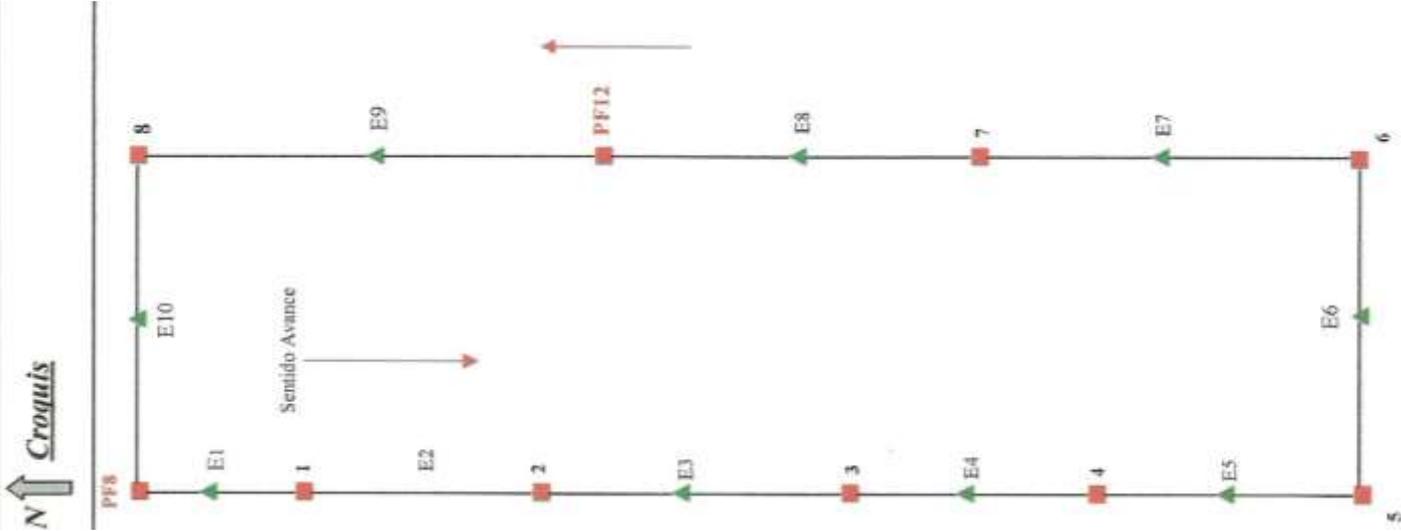


Est.	P.V.	Distancias		Lectura de los Hilos								C.P.V.	Desnivel	Tramo	Corrección	Desnivel Corregido	Cota	Punto		
		Progr.	Parcial	Atrás				Adelante												
				Hs	Hm	Hi	Intermedia	Hs	Hm	Hi	Intermedia									
E1	PF8	0,000	**	2,052	1,861	1,670		*	*	*			*	*	*	*	81,645	PF8		
E2	1	75,800	75,800	2,420	2,230	2,046		0,994	0,802	0,610			1,059	PF8-1	0,001	1,060	82,705	1		
E3	2	152,900	77,100	2,264	2,061	1,858		0,926	0,743	0,561			1,487	1-2	0,001	1,488	84,193	2		
E4	3	235,600	82,700	1,833	1,616	1,400		0,760	0,562	0,366			1,499	2-3	0,001	1,500	85,693	3		
E5	4	329,500	93,900	1,301	1,072	0,842		1,752	1,512	1,272			0,104	3-4	0,001	0,105	85,798	4		
E6	5	403,800	74,300	1,261	1,101	0,941		2,481	2,270	2,058			-1,198	4-5	0,001	-1,197	84,601	5		
E7	6	484,100	80,300	0,928	0,705	0,479		1,734	1,559	1,380			-0,458	5-6	0,001	-0,457	84,144	6		
E8	7	551,800	67,700	0,650	0,497	0,345		2,375	2,190	2,003			-1,485	6-7	0,001	-1,484	82,660	7		
E9	PF12	626,900	75,100	1,502	1,295	1,086		2,627	2,460	2,292			-1,963	7-PF12	0,001	-1,962	80,698	PF12		
E10	8	687,000	60,100	1,075	0,991	0,905		0,551	0,334	0,120			0,961	PF12-8	0,001	0,962	81,660	8		
	PF8	703,800	16,800					1,090	1,006	0,922			-0,015	8-PF8	0,000	-0,015	81,645	PF8		
Totales			703,800		13,429				13,438				-0,009		0,009	0,000				
Desnivel Total / Error Cierre				-0,009																

Se puede calcular directamente las cotas y luego compensarlas.
Los desniveles pueden ser calculados como diferencia de cotas.

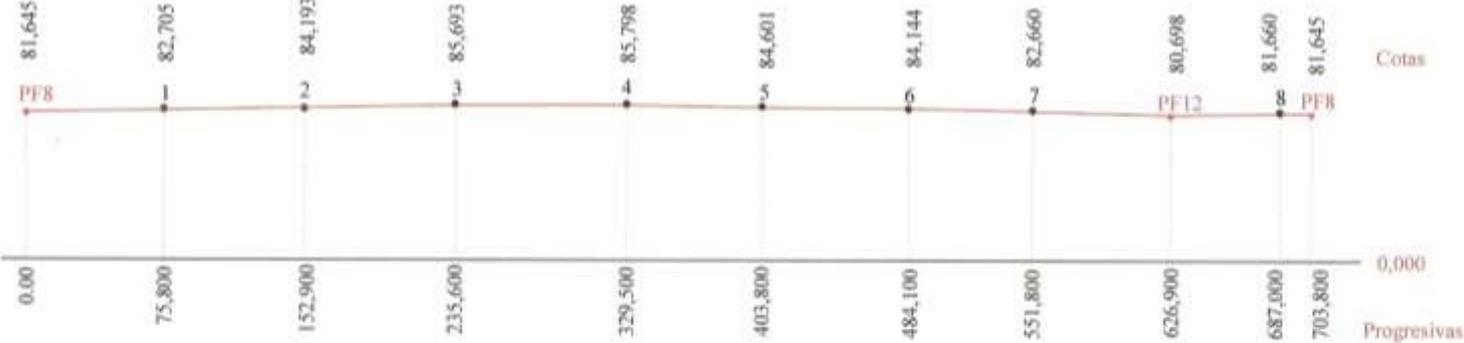
Estación	P.V.	Distancias		Lectura de los Hilos								C.P.V.	Cota Terreno	Corrección	Cota Corregida	Punto	
		Progr.	Parcial	Atrás				Adelante									
				Hs	Hm	Hi	Intermedia	Hs	Hm	Hi	Intermedia						
E1	PF8	0,000	**	2,052	1,861	1,670	1,861	*	*	*	*		81,645	*	81,645	PF8	
E2	1	75,800	75,800	2,420	2,230	2,046	2,233	0,994	0,802	0,610	0,802		82,704	0,001	82,705	1	
E3	2	152,900	77,100	2,264	2,061	1,858	2,061	0,926	0,743	0,561	0,7435		84,191	0,002	84,193	2	
E4	3	235,600	82,700	1,833	1,616	1,400	1,617	0,760	0,562	0,366	0,563		85,690	0,003	85,693	3	
E5	4	329,500	93,900	1,301	1,072	0,842	1,072	1,752	1,512	1,272	1,512		85,794	0,004	85,798	4	
E6	5	403,800	74,300	1,261	1,101	0,941	1,101	2,481	2,270	2,058	2,270		84,596	0,005	84,601	5	
E7	6	484,100	80,300	0,928	0,705	0,479	0,704	1,734	1,559	1,380	1,557		84,138	0,006	84,144	6	
E8	7	551,800	67,700	0,650	0,497	0,345	0,498	2,375	2,190	2,003	2,189		82,653	0,007	82,660	7	
E9	PF12	626,900	75,100	1,502	1,295	1,086	1,294	2,627	2,460	2,292	2,4595		80,690	0,008	80,698	PF12	
E10	8	687,000	60,100	1,075	0,991	0,905	0,990	0,551	0,334	0,120	0,336		81,651	0,009	81,660	8	
	PF8	703,800	16,800					1,090	1,006	0,922	1,006		81,636	0,009	81,645	PF8	
Totales			703,800		13,429				13,438								
Desnivel Total / Error Cierre				-0,009													

Se lleva además de los registros numéricos un croquis del itinerario de la nivelación.



Con los valores de las cotas se realiza luego la cartografía correspondiente confeccionando el perfil del itinerario de la nivelación.

Perfil del Itinerario de Nivelación



Escala Horizontal 1:5000

P.C. : Plano Comparación: 0,000 m

